

Docket No.: 63979-030

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of	:	Customer Number: 20277
Akihiko ISHIBASHI, et al.	:	Confirmation Number:
Serial No.:	:	Group Art Unit:
Filed: August 4, 2003	:	Examiner:
For:	:	SEMICONDUCTOR LIGHT EMMITING DEVICE AND FABRICATION METHOD THEREOF



**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

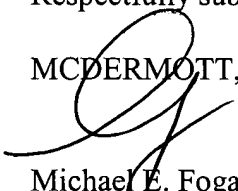
In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

Japanese Patent Application No. 2002-139609, filed May 15, 2002

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY


Michael E. Fogarty
Registration No. 36,139

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 MEF:mcw
Facsimile: (202) 756-8087
Date: August 4, 2003

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

63979-030

ISHIBASHI et al.

August 4, 2003.

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年 5月15日

出願番号

Application Number:

特願2002-139609

[ST.10/C]:

[JP2002-139609]

出願人

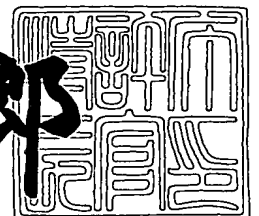
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2003年 6月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3042649

【書類名】 特許願

【整理番号】 2030240010

【提出日】 平成14年 5月15日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/18

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 石橋 明彦

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 横川 俊哉

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 大仲 清司

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 古池 進

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 窒化物系半導体発光素子の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 $Al_uGa_vIn_wN$ ($u + v + w = 1$) をリセス状に加工する工程と、リセス底部と側壁の少なくとも一部分を誘電体膜または非晶質絶縁膜または金属の何れかで被覆する工程と、前記 $Al_uGa_vIn_wN$ の前記誘電体膜または非晶質絶縁膜で被覆されていない領域を種結晶として $Al_xGa_yIn_zN$ 結晶 ($x + y + z = 1$) を再成長させる工程とを有していることを特徴とする窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項 2】 $Al_xGa_yIn_zN$ 結晶 ($x + y + z = 1$) の再成長方法であって、主に III 族元素で構成される結晶面と主に V 族元素で構成される結晶面との成長速度の違いを利用することにより、リセス状に加工され底部と側壁の少なくとも一部分を誘電体膜または非晶質絶縁膜または金属の何れかで被覆された種結晶上にエアギャップを形成する工程とを有していることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項 3】 $Al_uGa_vIn_wN$ ($u + v + w = 1$) をリセス状に加工する工程と、前記リセス底部と側壁の少なくとも一部分を誘電体膜または非晶質絶縁膜または金属の何れかで被覆する工程と、前記 $Al_uGa_vIn_wN$ の表面に露出した部分を種結晶として第一のクラッド層、活性層、第二のクラッド層を含む積層構造を成長させる工程とを有していることを特徴とする窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項 4】 基板上の $Al_uGa_vIn_wN$ ($u + v + w = 1$) の一部の領域において加工周期を変化させて周期的にストライプ状にリセス加工する工程と、リセス底部と側壁の少なくとも一部分を誘電体膜または非晶質絶縁膜または金属の何れかで被覆する工程と、前記 $Al_uGa_vIn_wN$ の表面に露出した部分を種結晶として第一のクラッド層、活性層、第二のクラッド層を含む積層構造を成長させる工程とを有していることを特徴とする窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項 5】 前記加工周期を変化させる領域が前記積層構造に電流注入を行

うための金属ワイヤーをボンディングする領域の直下であることを特徴とする請求項4に記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項6】 前記誘電体膜または非晶質絶縁膜で被覆されていない領域が $Al_xGa_yIn_zN$ 結晶 ($x+y+z=1$) のC面であることを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項7】 基板上の $Al_uGa_vIn_wN$ ($u+v+w=1$) において、電流注入を行うためのワイヤーを形成した領域の下方におけるエアギャップの幅と、その他の部位におけるエアギャップの幅とが異なることを特徴とする請求項4に記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項8】 基板上の $Al_uGa_vIn_wN$ ($u+v+w=1$) において、電流注入を行うためのワイヤーを形成した領域の直下を除く領域にエアギャップが形成されていることを特徴とする請求項4に記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項9】 基板上に形成された $Al_aGa_bIn_cN$ 結晶層 ($a+b+c=1$) と、前記 $Al_aGa_bIn_cN$ 結晶の上方に形成された $Al_dGa_eIn_fN$ 結晶層 ($d+e+f=1$) と、前記 $Al_dGa_eIn_fN$ 結晶層の上方に形成された活性層とを具備する窒化物系半導体発光素子であって、前記 $Al_aGa_bIn_cN$ 結晶層と前記 $Al_dGa_eIn_fN$ 結晶層との間に第一のエアギャップと第二のエアギャップとが形成されており、前記第一のエアギャップの幅と前記第二のエアギャップの幅とが異なることを特徴とする窒化物系半導体発光素子。

【請求項10】 基板上に形成された $Al_aGa_bIn_cN$ 結晶層 ($a+b+c=1$) と、前記 $Al_aGa_bIn_cN$ 結晶の上方に形成された $Al_dGa_eIn_fN$ 結晶層 ($d+e+f=1$) と、前記 $Al_dGa_eIn_fN$ 結晶層の上方に形成された活性層と、前記活性層の上方に形成された電極とを具備する窒化物系半導体発光素子であって、前記電極に電流を流すためのワイヤが電氣的に接続されており、前記 $Al_aGa_bIn_cN$ 結晶層と前記 $Al_dGa_eIn_fN$ 結晶層との間の、前記ワイヤが接続された位置の直下を除く領域にのみエアギャップが形成されていることを特徴とする窒化物系半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は表示、照明、及び光情報処理分野等への応用が期待されている紫外から青色、緑色、オレンジ色及び白色等可視域全般の波長域における発光ダイオード、レーザダイオード等のGaN系半導体発光素子および製造方法に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

V族元素に窒素(N)を有する窒化物半導体は、そのバンドギャップの大きさから、短波長発光素子の材料として有望視されている。中でも窒化ガリウム系化合物半導体(GaN系半導体： $Al_xGa_yIn_zN$ ($0 \leq x, y, z \leq 1$, $x + y + z = 1$))は研究が盛んに行われ、青色発光ダイオード(LED)、緑色LEDが実用化されている。また、光ディスク装置の大容量化のために、400nm帯に発振波長を有する半導体レーザが熱望されており、GaN系半導体を材料とする半導体レーザが注目され、現在では実用レベルに達しつつある。

【 0 0 0 3 】

図4は実現されているGaN系紫外発光ダイオードの構造断面図である。サファイア基板41上に、有機金属気相成長法(MOVPE法)によりアンドープu-GaN種結晶42(「u-」はアンドープであることを示す)を成長した後、誘電体マスク54を選択的にストライプ状に堆積し、再成長によりアンドープu-GaN43を横方向成長させて平坦な表面を得る。しかる後に、n-GaNコンタクト層44(「n-」はn型であることを示す)、u-GaN45、InGaIn活性層46、p-AlGaInキャップ層47(「p-」はp型であることを示す)、p-GaNコンタクト層48を順次成長する。次に、前記p-GaNコンタクト層48の表面に所定のマスクを形成した後エッチングを行い、n電極53を形成するためのn-GaNコンタクト層44を露出させる。その後、常法に従いp-GaNコンタクト層48上及びn-GaNコンタクト層44上にp電極49及びn電極53をそれぞれ形成する。最後に、p電極49上に台座電極50及び金ボール51を介し、金線52を打ち込む。n電極53上にも金ボール51

を介し、金線 5 2 を打ち込む。特に、p 電極においては、透明であってかつ導電性を有する薄膜よりなる p 電極が形成され、前記 p 電極から前記 p 電極形成層全面に電流が注入されて、p 電極側が発光観測面とされていることを特徴とする。発光観測面を p 電極側とすることにより、素子作製後の発光ダイオードを製造する際に、ワイヤーボンディング工程が使用可能となるので、素子を裏返して p 電極側でボンディングする所謂フェイスダウンマウント方式に比べ、素子を小さくできたり精密な位置合わせが不要である等、生産性が向上する。

【 0 0 0 4 】

GaN 系結晶の基板には、サファイア、SiC、NGO などが用いられるが、いずれの基板も GaN と格子整合せず、コヒーレント成長を得ることが難しい。

【 0 0 0 5 】

その結果、転位（刃状転位、らせん転位、混合転位）が多く、例えばサファイア基板を用いた場合、約 $1 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ の転位が存在する。その結果、特に紫外発光ダイオードにおいては発光効率の低下を引き起こす。

【 0 0 0 6 】

転位密度低減の方法として、前記選択横方向成長（Epitaxial Lateral Overgrowth: ELO）が提案されている。これは格子不整合が大きい系において、貫通転位を低減させる方法として有効である。

【 0 0 0 7 】

図 5 は ELO によって形成した GaN 結晶の転位の分布を模式的に表したものである。まず、サファイア基板 5 5 上に MOVPE 法などにより GaN 結晶 5 6 を堆積する。SiO₂ 5 7 を CVD など で堆積した後、フォトリソグラフィーとエッチングによって一定の周期でストライプ状に SiO₂ 5 7 を加工する。GaN 5 6 の露出した部分を種結晶として選択成長によって GaN 層 5 8 を堆積する。成長方法として MOVPE 法や HVPE 法を用いる。種結晶の上部は約 $1 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ と転位の多い領域 6 0 が存在するが、横方向成長した転位の少ない領域 5 9 では、転位密度が $1 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ 程度まで低減できている。SiO₂ マスク幅及び周期はそれぞれ、4 μm、12 μm である。前記 ELO の手法を用いて転位密度を低減させ、これを基板に用いることにより、特に、紫外発光ダイオード

ドにおいて発光効率を向上させることが可能になる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、従来のような、発光観測面がp電極側に存在する発光ダイオードにおいては、p電極と反対側に位置するn電極側への発光が散乱、吸収等のためにロスされ、活性層からの発光を効率良く取り出せないという課題がある。

【0009】

誘電体膜を用いてELO成長した場合においても、基板側への発光がロスされるという課題を有する。

【0010】

本発明は前記の事情を鑑みてなされたものであり、特に発光観測面がp電極側に存在する発光ダイオードにおいて、高い発光効率を有する窒化物系半導体素子を歩留まり良く作製する方法を提供するものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明の窒化物系半導体の製造方法は、 $Al_uGa_vIn_wN$ ($u+v+w=1$) (以下AlGaInNと記述する) をリセス状に加工する工程と、リセス底部と側壁の少なくとも一部分を誘電体膜または非晶質絶縁膜または金属の何れかで被覆する工程と、 $Al_uGa_vIn_wN$ の前記誘電体膜または非晶質絶縁膜で被覆されていない領域を種結晶として $Al_xGa_yIn_zN$ 結晶 ($x+y+z=1$) を再成長させる工程とを有している。特に、前記AlGaInN結晶を再成長させる際にAlGaInN系結晶を横方向成長させ、Al、Ga、In等の主にIII族元素で構成される結晶面と主にNのV族元素で構成される結晶面との成長速度の違いを利用することにより、リセス状に加工され一部被覆された種結晶と再成長されたAlGaInN結晶との間に空間(エアギャップ)を形成する。

【0012】

また本発明の製造方法は、窒化物系結晶をリセス状に加工する工程と、リセス底部と側壁の少なくとも一部分を誘電体膜または非晶質絶縁膜または金属の何れかで被覆する工程と前記窒化物系結晶の表面に露出した部分を種結晶として第一

のクラッド層、活性層、第二のクラッド層を含む積層構造を成長させる工程とを有している。この場合においても、前記製造方法と同様に AlGaInN 結晶の下にエアギャップを設ける。エアギャップを形成することにより前記積層構造の下に空気との界面を形成する。

【 0 0 1 3 】

また本発明の製造方法は、窒化物系結晶をウエハ面の一部の領域において加工周期を変化させて周期的にストライプ状にリセス加工する工程とリセス底部と側壁の少なくとも一部分を誘電体膜または非晶質絶縁膜または金属の何れかで被覆する工程と前記窒化物系結晶の表面に露出した部分を種結晶として第一のクラッド層、活性層、第二のクラッド層を含む積層構造を成長させる工程と前記積層構造に対し電極及び電流を注入するための金属ワイヤーを前記周期変調してリセス状に加工した領域にボンディングする工程とを有している。この場合前記積層構造の下にはエアギャップが形成されるが、特に前記金属ワイヤーをボンディングする直下において、他の領域に比較してエアギャップの容積を相対的に小さくし、結晶の構造的な強度を上げ、ワイヤーボンディングによる構造的な破損を抑制する。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。なお、本発明に係る製造方法については、窒化物半導体の成長方法を MOVPE 法に限定するものではなく、ハイドライド気相成長法 (H-VPE 法) や分子線エピタキシー法 (MBE 法) など、窒化物半導体層を成長させるためにこれまで提案されている全ての方法を適用することができる。

【 0 0 1 5 】

図 1 は、本発明の実施例を示す窒化物系半導体発光素子の構造断面図である。

【 0 0 1 6 】

図 1 に示す窒化物系半導体発光素子の作製方法は以下の通りである。

【 0 0 1 7 】

まず、C 面サファイア基板 11 上に 500°C で TMG と NH_3 とを供給して A

1 GaN バッファ層を堆積する。その後、1020℃まで昇温させ、TMGとNH₃とを供給しアンドープu-GaN層（種結晶）12を約1μmの厚みで堆積する。このとき、主面（表面）はC面になっている。

【0018】

次に、フォトリソグラフィ技術によってレジストを $\langle 1-100 \rangle_{\text{GaN}}$ 方向にストライプ状に周期的に加工した後、ドライエッチングによってu-GaN層12をリセス状（凹状）に加工する。段差は約5000オングストロームである。このとき、後に詳しく説明するように、電流を流すための金線23及びこれをボンディングするためのボール22の直下に相当する領域以外においては、リセス部の幅は約12μm、リッジ部（レジストのある部分）の幅は約3μmである。金線23及びこれをボンディングするためのボール22の直下に相当する領域以外においては、リセス部の幅は約3～6μm、リッジ部（レジストのある部分）の幅は約3μmである。すなわち、電流を流すための線（金線）の直下領域とその他の領域とでは、リセス部の幅が異なる。本実施例では、電流を流すための線の直下領域におけるリセス幅とその他の領域におけるリセス幅との比は「12：3～6」としている。すなわち、基板上のAl_uGa_vIn_wN（u+v+w=1）において、電流注入を行うためのワイヤーを形成した領域の下方におけるエアギャップの幅と、その他の部位におけるエアギャップの幅とが異なる。

【0019】

次に、ECRスパッタ法を用いてSi₃N₄膜（図示せず）を堆積した後、リフトオフによってストライプ状のレジストとレジスト上のSi₃N₄膜を除去する。次に、露出したu-GaN層12を種結晶としてMOVPE法によってu-GaN層13を再成長する。

【0020】

この場合、再成長したu-GaN層13は、u-GaN種結晶層12のストライプ状のリッジ上部におけるGaNの主面（表面でC面）を種結晶としていることが特徴である。特に、MOVPE成長により作製したGaN層の主面は主にGa原子面から構成されていることが特徴で、ストライプ状になったGaNのリッジ上部の面からGaN層を再成長した場合、前記リッジ上部においてまずc軸方

向に成長し、次に再成長してできたGaNのC面及びA面を種結晶として、c軸方向及びa軸方向($\langle 11-20 \rangle_{\text{GaN}}$ 方向)に引き続き横方向成長し、ウイング領域(種結晶部に対し、a軸方向に再成長した領域)が形成される。この際、前記横方向成長したu-GaN層13のウイング領域の裏面は主にN原子面で構成され、前記N原子面における成長速度は反対の表面(Ga原子面)に比べて極端に遅いために実質的に成長せず、u-GaN層13とリセス部の間にエアギャップ(空隙)113が形成される。種結晶としてC面を用いることにより、種結晶から左右対称なウイングが空中に形成される。なお、種結晶の主面はC面から $\langle 1-100 \rangle$ 方向あるいは $\langle 11-20 \rangle$ 方向に僅かな傾斜があっても、エアギャップが形成されさえすれば良い。また、前記再成長技術においてはリセス部のマスク材料は、 Si_3N_4 膜以外にも SiO_2 等の誘電体膜やW等の高融点金属等を用いても選択成長可能でさえあれば構わない。またリセス部の底部及び側壁の全域において前記誘電体膜や高融点金属等の選択成長マスクを堆積する方が好ましいが、前記マスク領域の一部が欠けていても、u-GaN層13のMOVPE成長条件を適当に選択することにより、エアギャップ13を形成することが可能である。

【0021】

本実施例の再成長技術の特徴は、u-GaN層13の直下にエアギャップを形成することと、(凹状)リセス部幅を一部の領域(ワイヤーボンディング領域)において変調させることである。当然、リセス部幅が狭い領域においては隣接するウイング同士は、再成長時においてリセス部幅が広い領域に比べてより早く結合するが、u-GaN層13のMOVPE成長条件(特に、横方向成長速度が速くなる成長条件)を適当に選択することにより、ウエハ内の領域毎においてウイング同士の結合するタイミングにずれが生じて、供給する原料ガスの結晶表面におけるマイグレーションのために基板全面を均一に平坦にすることが可能である。

【0022】

典型的なu-GaN層13の膜厚は約 $5\mu\text{m}$ である。また、図1に示すサファイア基板11の幅は約 $350\mu\text{m}$ であり、金線23をワイヤーボンディングする

領域の幅は約 $50\ \mu\text{m}$ である。

【0023】

次に、前記 u-GaN 層 13 上に、 u-GaN 14、 n-GaN 15、 u-GaN 16、 InGaN 活性層 17、 p-AlGaN 18、 p-GaN 19 を順次堆積する。その後、 n-GaN 層 15 の一部が露出するまで選択エッチングを行った後、 p 電極 20 及び n 電極 24 を形成する。 p 電極 20 上には更に台座電極 21 を形成し、 p 及び n 電極に金からなるボール 22 を介して金線 23 をワイヤーボンディングする。

【0024】

本実施例のように、窒化物半導体発光素子内にエアギャップ構造を有することにより、従来のようにサファイア基板上において直接成長する場合や ELO 成長を用いて発光素子を形成する構造に比べ、大きく 3 つの特徴（利点）がある。

【0025】

まず 1 つめの特徴は、選択横方向成長したウイング領域はエアギャップを用いることにより、選択成長用マスクと直接接しないことである。この結果、ストレスフリーな構造となるので、 c 軸結晶方位軸の配向性に不均一性が生じず、ウイング同士の結合も滑らかにでき、新たな結晶欠陥が発生しない。すなわち、エアギャップを用いることで、リッジ種結晶部以外の領域（ウイング全領域）において非常に低欠陥で配向性が均一な構造的に高品質な結晶が得られる。この特徴は、従来貫通転位密度を低減するために用いられてきた ELO 技術とは異なる。すなわち、従来の ELO 技術では、再成長したウイング部と種結晶部との間のどこかにマスクが存在し、ウイング部とマスク部の間に界面ストレスが発生し、 c 軸結晶方位軸の配向性に不均一性（チルト角が 1° 程度）が生じ、結合部で新たな欠陥が発生する問題が生じていた。本発明のエアギャップ構造を用いることにより前記課題の回避が著しく改善された。その結果、特に活性層 17 の In 組成が小さい紫外光領域の発光ダイオードにおいて発光効率（同一注入電流に対する発光強度）の増大及びリーク電流の低減が実現できた。

【0026】

また、2 つめの特徴は、発光素子を構成する結晶の層構造の下にエアギャップ

が存在することにより、活性層 17 からの光が効率的に結晶表面側（p 電極側）に反射され、発光の外部への取り出し効率が改善されることである。従来の ELO 構造では、本実施例のエアギャップに対応するものとして、屈折率が空気よりも大きく、かつ、より GaN 系に近くなる SiO₂誘電体膜が用いられているので、本実施例に比べて、活性層からの光がサファイア基板側へより多く透過して、散乱、吸収でロスされる。GaN/空気の反射率は GaN/SiO₂の反射率に比べ 2 倍程度大きく、反射による活性層から発光の取り出し効率増大の効果は大きい。更に、従来用いられてきた ELO 技術では、横方向成長した結晶と選択成長用マスクが接触しているために、前記マスク上に析出した多結晶上に成長した低結晶性の部分による光散乱、前記のようなウイングチルトに起因する結合部の欠陥による光散乱で、活性層からの発光がロスされる。本実施例のようにエアギャップを用いることにより、前記マスク上の多結晶やウイングチルトの影響が回避できる。また、本実施例において、エアギャップ上のウイング部分の裏面は上述したように主に N 原子から構成されている原子層レベルでの平坦面であり、活性層からの発光を効率的に上部に反射できる。従来用いられてきた ELO では、ウイングの裏面がマスク部と接触することによってストレスや析出した多結晶によって原子層レベルの平坦面を実現できておらず、従来技術により奏される作用効果と、本実施例により奏される作用効果とは、全く性質の異なるものである。

【0027】

次に、本実施例にかかる青色発光ダイオードの注入電流と発光強度の関係を図 3 に示す。発光観測面は p 電極側である。いずれの注入電流域においても、従来技術に比べ、大きく発光強度が増大している。これは、サファイア基板側への発光が p 電極側外部に効率的に反射され、発光の取り出し効率が増大したためである。

【0028】

また、3 つめの特徴は、p 電極と n 電極の少なくとも一方において、電流を流すための手段としての金線 23 をワイヤーボンディングする領域において、u-GaN 層 12 のリセス部の幅を、ワイヤーボンディングを行わない領域に比べて

狭くすることにより、構造的に強固なものにし、ワイヤーボンディング時の衝撃によって、エアブリッジ周辺で結晶の破損が生じることを回避することである。特に n 電極直下の領域には元々活性層が存在せず発光とは関係がないので、この領域のエアブリッジは p 電極直下に比べて、発光の反射に対し効果は小さいので、前記構造的に強固なものを得るためにリセス部の幅を狭くする効果は大きい。p 電極側は、欠陥密度の低減及び発光の外部への取り出し効率増大のために、エアブリッジ領域を大きくすることが好ましい反面、エアブリッジの領域を広くし過ぎると、構造的に弱くなり、ワイヤーボンディング時の衝撃による破損の不良が発生し歩留まりが低下した。従って、ワイヤーボンディングを行う領域はエアブリッジを形成するリセス部の幅が狭いことが好ましく、また前記 1 つめ及び 2 つめの特徴から生じる効果を最大限にするためには、幅を狭くするリセス部の領域はワイヤーボンディングを行う最小限の領域であることが望ましい。

【 0 0 2 9 】

また、ワイヤーボンディング時の衝撃による破損回避の方法として、図 2 に示す構造を採用することができる。図 2 に示すように、u-GaN 種結晶層 25 を作製する際に、リセス部の幅は全領域において同一で種結晶のリッジ幅のみワイヤーボンディングを行う領域直下は広くする。すなわち、基板上の $Al_uGa_vIn_wN$ ($u + v + w = 1$) において、電流注入を行うためのワイヤーを形成した領域の直下を除く領域にエアギャップが形成されている。ここで、リセス部の幅は $12\mu m$ 、種結晶リッジ幅はのみワイヤーボンディングを行う領域直下では $6 \sim 12\mu m$ 、ワイヤーボンディング無しの領域では $3\mu m$ である。これにより、図 1 の場合と同様に欠陥密度低減による発光効率の改善、エアブリッジによる光の外部への取り出し効率増大、及び、ワイヤーボンディング時の構造的な破壊により歩留まり低下を回避できる。

【 0 0 3 0 】

本実施例では GaN 種結晶層を用いて GaN 層を再成長しエアブリッジ構造を形成する方法について示したが、前記種結晶層と再成長層のうち少なくともいずれかにおいて Al や In、As、P 等を含んだ混晶であっても良い。特に、混晶の場合においては GaN に比べ選択成長が困難な場合がありえるが、本実施例のよ

うにエアギャップ構造を有することにより、仮に選択成長用マスク上にデポ物が堆積してもこのデポ物に横方向成長したウイング部が触れることなく高品質な結晶が得られるので高い歩留まりで窒化物半導体発光素子が得られる。

【 0 0 3 1 】

なお、本実施例では、種結晶となる GaN 層 1 2 は低温バッファ層を介した 2 段階の成長によって形成した場合について説明したが、単結晶となる種結晶であれば他の方法を用いてもよい。また、本実施例では、種結晶のリッジ形成にリフトオフ・プロセスを用いたが、リッジストライプを作製できる方法であれば、他の方法を用いても構わない。

【 0 0 3 2 】

更に、本実施例では発光素子からの光の取り出し効率を問題にしたが、前記発光素子から取り出された紫外～青色光によって周囲に配置された蛍光体を励起して発光させる白色光の発光素子に対しても、その輝度を増大させ、かつ高歩留まりに生産できることに對して本発明を用いれば同様の効果があることは言うまでもない。

【 0 0 3 3 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の窒化物系半導体の製造方法によれば、選択横方向成長したウイング領域はエアギャップを用いることにより c 軸結晶方位軸の配向性に不均一性が生じないので、リッジ種結晶部以外の領域（ウイング全領域）において非常に低欠陥で配向性が均一な構造的に高品質な結晶が得られる。その結果、発光効率が高く、信頼性に優れた発光素子の作製が可能となる。特に、ウイング領域全面における欠陥密度の低減は、In 組成が少ないまたは In を含まない紫外光領域の活性層において、発光効率を増大させたりリーク電流を低減させることに對して効果が大きい。

【 0 0 3 4 】

また、本発明の窒化物系半導体の製造方法によれば、発光素子を構成する結晶の層構造の下にエアギャップが存在することにより、活性層からの光が効率的に結晶表面側（p 電極側）に反射され、発光の外部への取り出し効率が増大する。

これにより、発光観測面が p 電極側にある、青色から紫外域の発光波長を有する発光ダイオードにおいて、注入電流域に対する発光強度を E L O 等を用いた従来の場合に比べ大きく増大させることが可能となった。

【 0 0 3 5 】

また、本発明の窒化物系半導体の製造方法によれば、金線をワイヤーボンディングする領域において、 $u-GaN$ 種結晶層のリセス部の幅を、ワイヤーボンディングを行わない領域に比べて狭くしたり、リセス部の幅は全領域同一で種結晶となるリッジ幅のみワイヤーボンディングする領域において太くする等の方法により構造的に強固なものにし、ワイヤーボンディング時の衝撃によって、エアブリッジ周辺で結晶の破損が生じることを回避することが可能となる。これによりエアギャップを有する窒化物系半導体発光素子のワイヤーボンディング時における組み立て歩留まりを飛躍的に改善することが可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態を示す窒化物系半導体発光素子断面図

【図 2】

本発明の別の実施の形態を示す窒化物系半導体発光素子断面図

【図 3】

本発明による発光効率増大の効果を示す図

【図 4】

従来法による窒化物系半導体発光素子断面図


【図 5】

従来法による低欠陥技術の概要を示す構造断面図

【符号の説明】

- 1 1 サファイア基板
- 1 2 $u-GaN$ 種結晶層
- 1 3 $u-GaN$ 層
- 1 4 $u-GaN$ 層
- 1 5 $n-GaN$ 層

- 16 u-GaN層
- 17 InGaN活性層
- 18 p-AlGaN層
- 19 p-GaN層
- 20 p電極
- 21 台座電極
- 22 ボール
- 23 金線
- 24 n電極
- 25 u-GaN種結晶層
- 41 サファイア基板
- 42 u-GaN種結晶層
- 43 u-GaN層
- 44 n-GaN層
- 45 u-GaN層
- 46 InGaN活性層
- 47 p-AlGaN層
- 48 p-GaN層
- 49 p電極
- 50 台座電極
- 51 ボール
- 52 金線
- 53 n電極
- 54 誘電体マスク
- 55 サファイア基板
- 56 GaN
- 57 SiO₂
- 58 GaN層
- 59 転位の少ない領域



60 転位の多い領域

113 エアギャップ

書類名】

図面

【図1】

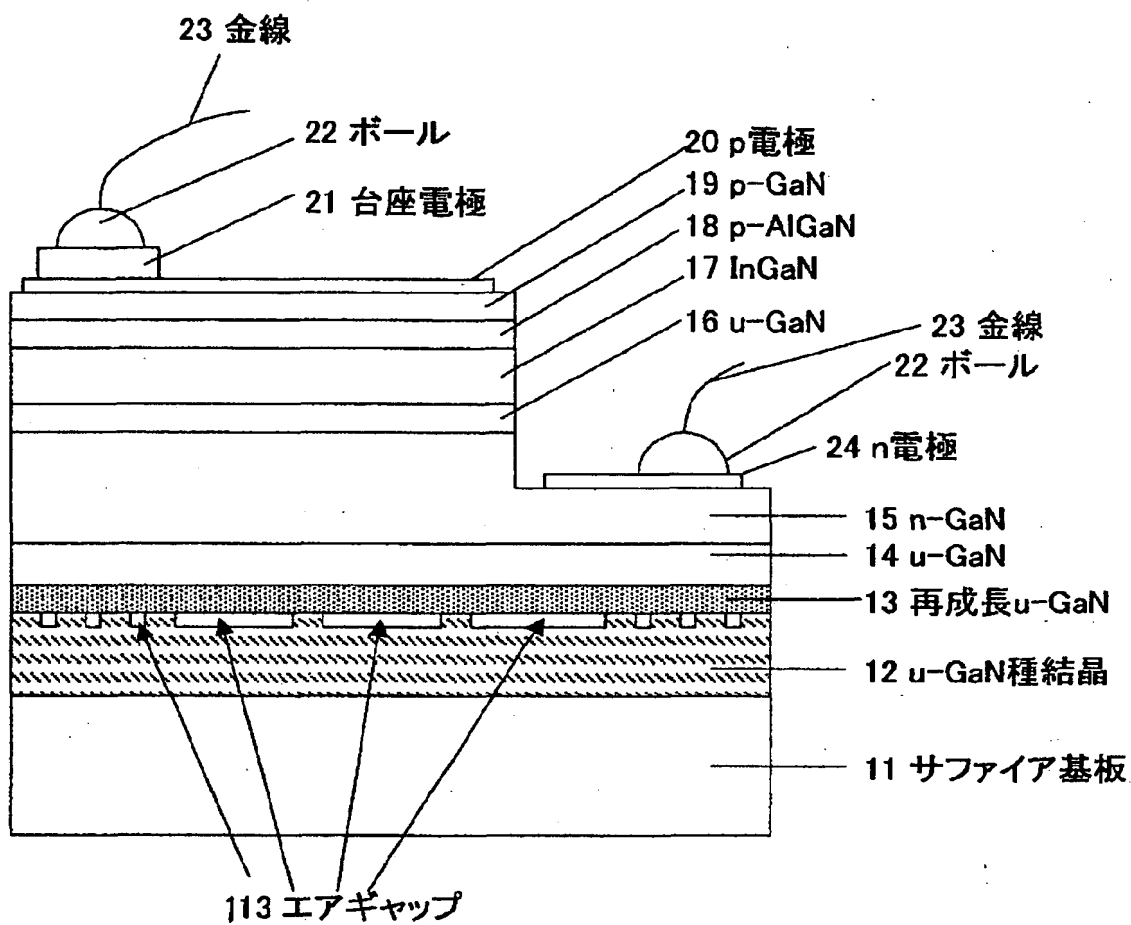


図 2]

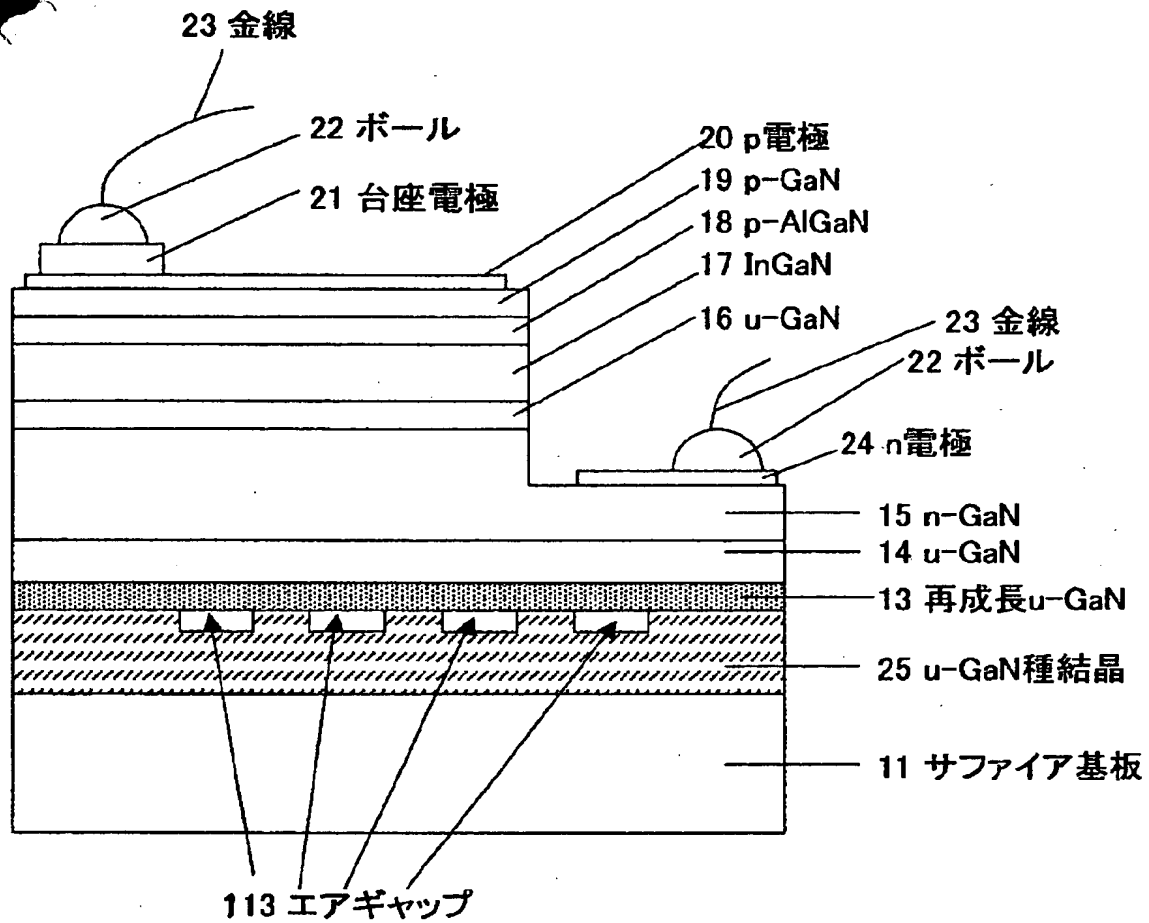
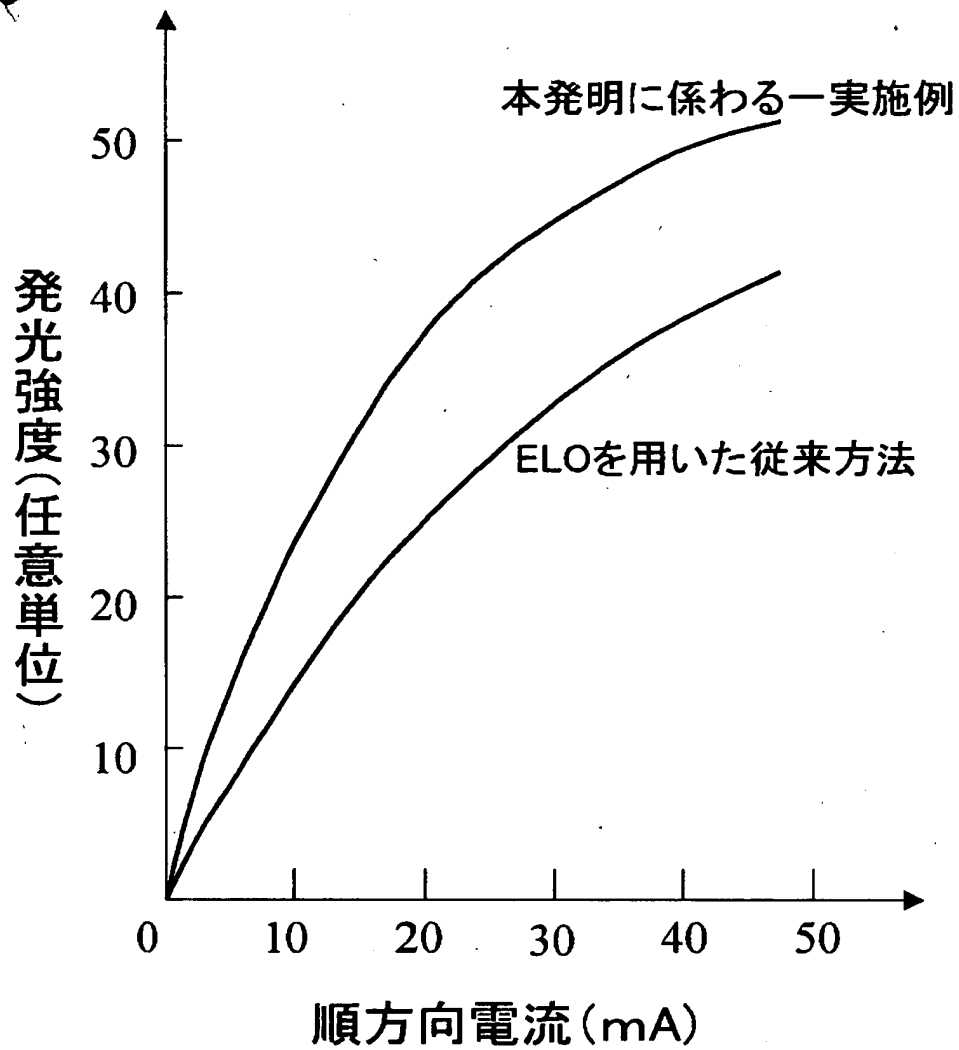
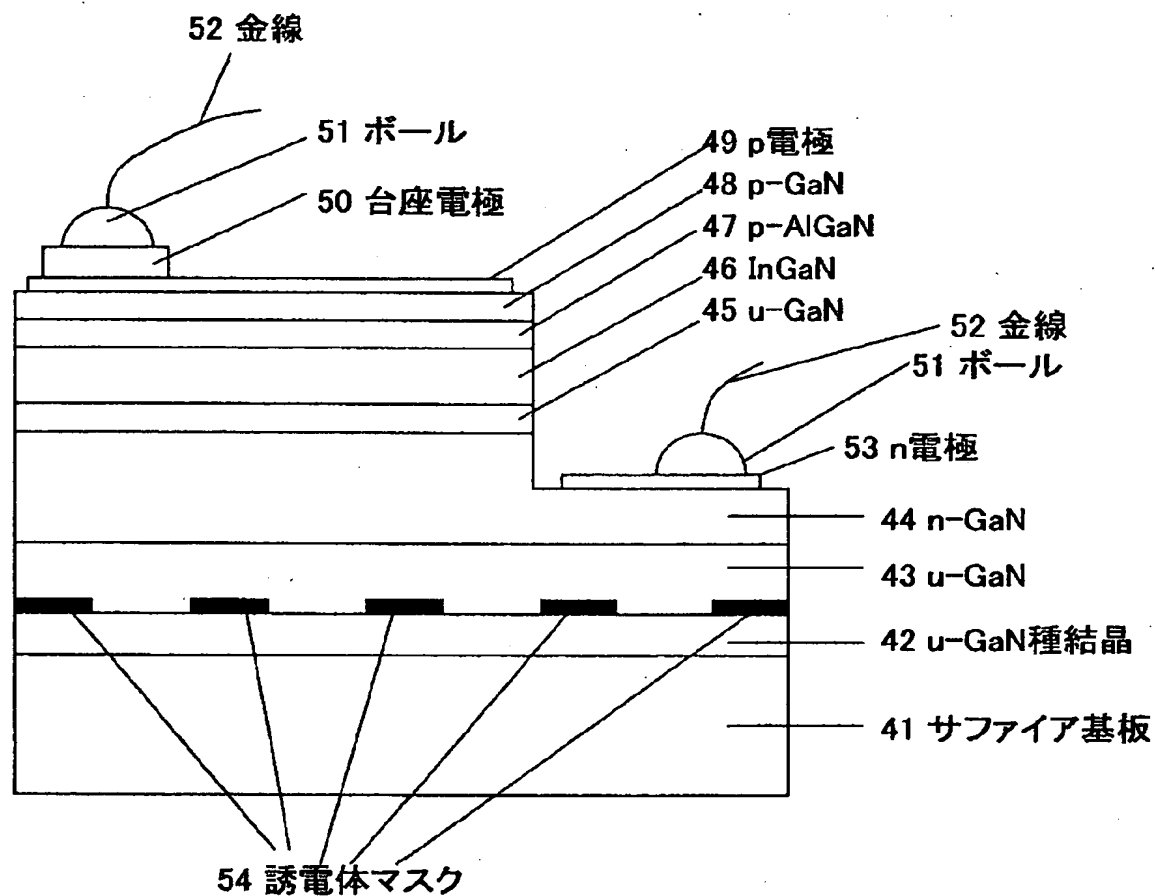


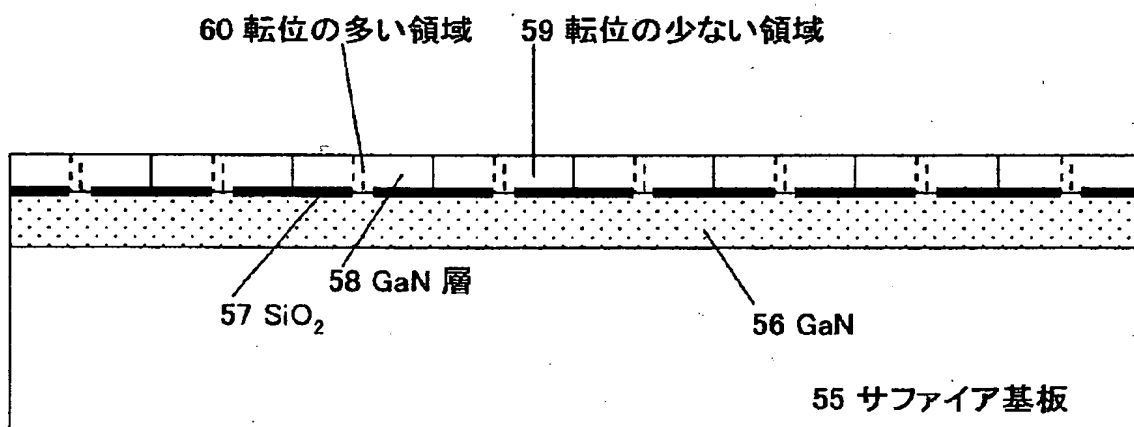
図3]



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 発光効率の高く信頼性に優れた窒化物系半導体発光素子を歩留まり良く作製する方法を提供する。

【解決手段】 基板上に、 AlGaInN をリセス状に加工する工程と、少なくともリセス底部と側壁の一部分を誘電体膜または非晶質絶縁膜または金属の何れかで被覆する工程と、 AlGaInN の誘電体膜または非晶質絶縁膜で被覆されていない領域を種結晶として AlGaInN 結晶を再成長させる。特に、 AlGaInN 結晶を再成長させる際に AlGaInN 系結晶を横方向成長させ、主にIII族元素で構成される結晶面と主にV族元素で構成される結晶面との成長レートの違いを利用することにより、リセス状に加工され一部被覆された種結晶と再成長された AlGaInN 結晶との間にエアギャップを形成する。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日
[変更理由] 新規登録
住 所 大阪府門真市大字門真1006番地
氏 名 松下電器産業株式会社